

10/019513

REC'D 27 JUN 2000

WIPO

EP/CGM
58
Münich

09. Juni 2000

EP 00/2699
EJU



Bescheinigung

Die Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Universitätsklinikum in Tübingen/
Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Peptid zur Auslösung einer Immunreaktion gegen Tumorzellen"

am 16. April 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen
Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole
C 07 K, A 61 K und A 61 P der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 29. Mai 2000

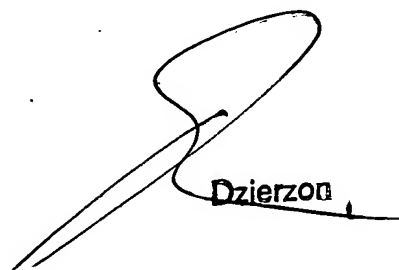
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag



Aktenzeichen: 199 17 195.5


Dzierzon

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Anmelder:

15. April 1999
5402P168 HO/TE-km

Eberhard-Karls-Universität Tübingen
Universitätsklinikum
Geissweg 3

D-72076 Tübingen

Peptid zur Auslösung einer Immunreaktion gegen Tumorzellen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein von dem MUC-1-Gen abgeleitetes Peptid, durch das eine HLA-A2-restringierte Immunreaktion gegen Tumorzellen auslösbar ist.

Brossart et al. zeigen in einem Abstract zu einem auf dem 40. jährlichen Treffen der American Society of Hematology, 1998, gehaltenen Vortrag die Möglichkeit auf, ein derartiges Peptid von dem MUC-1-Gen abzuleiten, ohne jedoch die Sequenz eines von ihnen getesteten Peptides oder die Lokalisation der Sequenz eines Peptides, das nicht von dem Tandem-Repeat-Bereich von MUC-1 abgeleitet ist, zu erwähnen.

Peptide zur Auslösung einer Immunreaktion gegen Tumorzellen sind bspw. auch in der Publikation von Finn, O.J., et al., (1995) "MUC-1 Epithelial Tumor Mucin-Based Immunity and Cancer

Vaccines", Immunol Rev 145, Seiten 61 bis 89, erwähnt, allerdings ebenfalls ohne Angabe von Sequenzinformationen.

Unter einer Immunreaktion wird bspw. die Zerstörung von Zellen durch solche T-Zellen verstanden, die wegen ihrer Fähigkeit, andere Zellen abzutöten, auch als zytotoxische T-Zellen bezeichnet werden. Zur Auslösung einer derartigen Immunreaktion durch zytotoxische T-Zellen müssen den T-Zellen dazu von einem MHC-Molekül auf der Zelloberfläche fremde Proteine z.B. infolge einer Virusinfektion präsentiert werden.

Diese MHC-Moleküle sind Peptidrezeptoren, die normalerweise Peptide innerhalb der Zelle binden, um sie zu der Zelloberfläche zu transportieren, wo der Komplex aus Peptid und MHC-Molekül durch T-Zellen erkannt werden kann. In normalen Zellen werden die durch MHC-Moleküle gebundenen Peptide von den üblichen zelleigenen Proteinen abgeleitet. Während ihrer Differenzierung in einem Organismus werden T-Zellen tolerant gegenüber Komplexen von eigenen Peptiden mit eigenen MHC-Molekülen. Somit kann jedes neue Peptid, das später erscheint, z.B. ein solches, das durch die Infektion mit einem Virus von einer Zelle produziert wird, von T-Zellen erkannt werden.

Es gibt zwei Klassen von MHC-Molekülen, von denen diejenigen, die mit zytotoxischen T-Zellen wechselwirken, der Klasse I angehören. Klassische humane Klasse I-Moleküle sind HLA-A, B und C, wobei HLA-A2 eine Unterklasse der HLA-A-Moleküle darstellt.

Ist das Zustandekommen einer Immunreaktion von dem Vorhandensein eines bestimmten MHC-Moleküles, z.B. HLA-A2, abhängig, so spricht man von einer MHC-restringierten, z.B. einer HLA-A2-

restringierten Immunreaktion. Es gibt vereinzelt auch T-Zell-Reaktionen, die unabhängig von MHC-Molekülen stattfinden. Man spricht dann von MHC-unrestringierten Immunreaktionen.

In der eingangs erwähnten Publikation von Finn et al. wurde zur Behandlung eines Tumorpatienten vorgeschlagen, eine solche MHC-unrestringierte Immunreaktion gegen ein Glykoprotein auszulösen, das durch das Gen MUC-1 codiert wird und auf der Oberfläche von Zellen vorkommt. Ziel ist dabei das Hervorrufen einer effektiven Immunantwort mit lebenslanger Immunität.

Das durch das Gen MUC-1 codierte Protein, das ebenfalls MUC-1 genannt wird, wird von normalen Epithelzellen meistens polarisiert so exprimiert, daß es dem Immunsystem normalerweise nicht zugänglich ist, wie bspw. im Darm, wo es auf der apikalen Seite der Epithelzellen, d.h. ins Darmlumen hineinragend exprimiert wird.

Auf Tumorzellen wird dagegen MUC-1 nicht polarisiert exprimiert, sondern bedeckt die gesamte Zelle. Das Level der Expression ist bei Tumorzellen höher als bei normalen Zellen, aber die Moleküle liegen bei Tumorzellen unvollständig glykosiliert vor, d.h. die Seitenketten aus Zuckermolekülen weisen eine verkürzte Struktur gegenüber MUC-1 auf, das von gesunden Zellen hergestellt wird. Die unvollständige Glykosilierung führt dazu, daß Epitope auf dem Protein-Anteil von MUC-1, die normalerweise durch Zucker-Seitenketten maskiert vorliegen, auf Tumorzellen dem Immunsystem zugänglich sind. Somit kann das Immunsystem dieses unterglykosilierte MUC-1 von normalem, nicht unterglykosiliertem MUC-1 unterscheiden.

Neben den Seitenketten aus Zuckermolekülen besteht ein weiteres wesentliches Strukturmerkmal von MUC-1 in den sogenannten Tandem-Repeats. Dabei handelt es sich um Abfolgen aus jeweils 20 Aminosäureresten, die sich in identischer oder ähnlicher Weise ca. 20 bis 125 Mal in dem MUC-1-Molekül wiederholen.

Zur Auslösung einer effektiven Immunreaktion durch T-Zellen sind nun aber Co-Stimulatoren erforderlich, zu denen insbesondere die sogenannten dendritischen Zellen zählen, die von außen angebotene Proteine aufnehmen und nach deren Prozessierung zu Peptiden so präsentieren können, daß zytotoxische T-Zellen dadurch aktiviert werden können. Finn et al. schlagen daher vor, synthetische Peptide, die die MUC-1-Tandem-Repeats repräsentieren, zusammen mit einem Adjuvans, das dendritische Zellen anlockt, zu injizieren. Bei einem Adjuvans handelt es sich um eine Substanz, die bei gemeinsamer Injektion mit einem Stoff, gegen den eine Immunreaktion ausgelöst werden soll, die Antwort des Immunsystems auf diesem Stoff unspezifisch verstärkt. Durch eine derartige Impfung soll eine MHC-unrestringierte T-Zellreaktion gegen die Tandem-Repeats erhalten werden. Es wird sogar vorgeschlagen, in den synthetischen Peptiden Aminosäuren, die eine MHC-Klasse-I-Bindung vermitteln könnten, durch andere zu ersetzen, damit keine MHC-restringierten T-Zellen durch eine Präsentation der Peptide durch MHC-Klasse-I-Moleküle entstehen können.

Einerseits kann durch die Verhinderung einer MHC-restringierten Immunantwort das Problem einer möglichen Autoimmunität verringert werden, andererseits besteht ein großer Nachteil in der geringeren Effizienz einer MHC-unrestringierten Immunantwort gegenüber einer MHC-restringierten. Somit sind auch die Chan-

cen, mit einer MHC-unrestringierten Immunantwort einen Tumor zum Verschwinden zu bringen, geringer als mit einer MHC-restringierten Immunantwort.

Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben daher anlässlich des eingangs erwähnten Vortrages vorgeschlagen, eine MHC-restringierte Immunantwort gegen MUC-1-exprimierende Zellen auszulösen. Sie berichten, daß hierzu die bekannte MUC-1-Aminosäuresequenz mittels einer Computeranalyse nach HLA-A2-bindenden Motiven abgesucht wurde. Peptide mit hoher Bindungswahrscheinlichkeit wurden identifiziert, synthetisiert und daraufhin untersucht, ob sie mit Hilfe von dendritischen Zellen in vitro zytotoxische T-Zellen induzieren können. Die so erzeugten zytotoxischen T-Zellen entwickelten eine Antigen-spezifische HLA-A2-restringierte zytotoxische Aktivität gegen diejenigen Zielzellen, die zuvor mit dem jeweiligen Peptid inkubiert wurden, mit dem die zytotoxischen T-Zellen aktiviert wurden, oder gegen MUC-1-exprimierende Tumorzellen.

Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, mindestens eine Aminosäuresequenz für ein derartiges Peptid zur Auslösung einer Immunreaktion gegen Tumorzellen bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Peptid die Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 und/oder eine Sequenz, die sich von dem Signalpeptid ableitet, insbesondere die Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 aus dem beiliegenden Sequenzprotokoll und/oder eine modifizierte Form der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 und/oder der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 aufweist.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Peptides können zytotoxische T-Zellen generiert werden, die eine Antigen-spezifische MHC-restringierte zytotoxische Aktivität gegen MUC-1 exprimierende Tumorzellen entwickeln und diese zerstören.

Somit eröffnet dieses Peptid die Möglichkeit einer wirkungsvollen Tumorthherapie, bei der die in Tumorpatienten häufig beobachtete Unterdrückung einer Immunreaktion gegen Tumorzellen umgekehrt werden kann.

Bei dem Peptid SEQ ID-Nr.: 1 handelt es sich um ein Nonapeptid, das von der Aminosäuresequenz eines Tandem-Repeats von MUC-1 abgeleitet ist, und das sich von einem anderen, früher beschriebenen Peptid u.a. durch zwei Aminosäuren unterscheidet, von denen eine eine Bindung des Peptides an das HLA-A2-Molekül ermöglicht.

Wie den Ausführungsbeispielen zu entnehmen ist, ist es den Erfindern gelungen, nachzuweisen, daß mittels des Nonapeptides sehr wirksam zytotoxische T-Zellen erzeugt werden können, die die Tumorzellen, die MUC-1 herstellen, in einer MHC-Klasse-I-restringierten Weise abtöten. Diese Tumorzellen präsentieren nämlich über MHC-Klasse-I-Moleküle bestimmte Fragmente sämtlicher Proteine, die von ihnen hergestellt werden. Erkennen nun zytotoxische T-Zellen das von einem MHC-Klasse-I-Molekül präsentierte Peptid, durch das sie ursprünglich aktiviert wurden, so töten sie diese Zelle ab. Somit bietet dieses Peptid, das von MHC-Klasse-I-Molekülen MUC-1 exprimierter Zellen präsen-

tiert wird, die vorteilhafte Möglichkeit, gezielt eine Immunreaktion gegen Tumore auszulösen, die MUC-1 herstellen.

Besonders überraschend war, daß auch mit Hilfe eines Peptides, dessen Sequenz sich nicht in dem reifen MUC-1-Protein auf der Zelloberfläche sondern nur in dem Signalpeptid des unreifen Proteines findet, zytotoxische T-Zellen induziert werden können, die eine MHC-restringierte zytotoxische Aktivität gegen MUC-1 exprimierende Tumorzellen aufweisen.

Unter einem Signalpeptid des unreifen Proteines versteht man dabei ein Peptid, das durch das Gen MUC-1 codiert wird und das in der Zelle in einem Stück mit dem restlichen Protein hergestellt, aber im Laufe der Prozessierung im Endoplasmatischen Retikulum der Zellen von diesem abgespalten wird.

Bei dem Peptid SEQ ID-Nr.: 2 handelt es sich um ein Beispiel für ein Nonapeptid, das von der Aminosäuresequenz des Signalpeptides von MUC-1 abgeleitet ist. Dieses Peptid führt zu einer effektiven Immunreaktion gegen MUC-1 herstellende Tumorzellen. Die Möglichkeit, zytotoxische T-Zellen zu erzeugen, die gegen ein weiteres von MHC-1-Molekülen präsentiertes Peptid gerichtet sind, hat den Vorteil, daß die Immunreaktion gegen Tumorzellen noch weiter gesteigert werden kann, indem gleichzeitig zytotoxische T-Zellen eingesetzt werden, die sich gegen beide von MHC-1-Molekülen präsentierte Peptide richten.

Darüber hinaus kann ein Signalpeptid auch von denjenigen MUC-1 herstellenden Tumorzellen durch ein MHC-Klasse-I-Molekül präsentiert werden, die infolge einer Entartung über kein funktionsfähiges System verfügen, das im Zytosol der Zelle erzeugte

Peptide, die durch MHC-Klasse-I-Moleküle präsentiert werden sollen, in das Endoplasmatische Retikulum (ER) transportiert. Im ER werden die Peptide nämlich erst mit den MHC-Klasse-I-Molekülen zusammengebaut und erst dann auf die Zelloberfläche gebracht. Da das Signalpeptid aber erst im ER abgespalten wird, ist zu seiner MHC-Klasse-I-vermittelten Präsentation kein Transport ins ER notwendig. Somit kann sich eine Immunreaktion, die mittels des Peptides mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 ausgelöst wurde, gegen eine größere Anzahl von Tumorzellen richten als eine Immunreaktion, die durch Peptide ausgelöst wurde, die sich nicht von dem MUC-1 Signalpeptid ableiten.

Auch modifizierte Formen der Peptide SEQ ID-Nr.: 1 und/oder 2 können zu der gewünschten Immunantwort führen.

Dabei wird unter modifiziert im Sinne der Erfindung jede chemische, enzymatische oder sonstige Veränderung des Peptides verstanden. Dies kann bspw. schon bei der Herstellung des Peptides oder später durch das Entfernen oder Hinzufügen einzelner Aminosäure-Reste, den Austausch einzelner Aminosäure-Reste, aber auch durch die chemische Veränderung einzelner Aminosäure-Reste durch das Anhängen bestimmter chemischer Gruppen erfolgen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung betrifft die Erfindung eine Nukleinsäure, die einen Sequenzabschnitt umfaßt, der für mindestens ein erfindungsgemäßes Peptid codiert. Darüber hinaus weist die Nukleinsäure ggf. weitere Sequenzen auf, die zur Expression der dem Peptid entsprechenden Nukleinsäure-Sequenz notwendig sind. Die verwendete Nukleinsäure kann in einem Vektor enthalten sein, der geeignet ist, die Expression der

dem Peptid entsprechenden Nukleinsäuresequenz in einer Zelle zu ermöglichen.

Eine derartige Nukleinsäure hat den Vorteil, daß sie chemisch stabiler und unempfindlicher ist als Peptide. Die Handhabung ist daher einfacher als die der Peptide, und die Lagerfähigkeit von Nukleinsäuren ist nahezu unendlich. Sie sind chemisch und/oder molekularbiologisch sehr günstig und im Prinzip in unbegrenzten Mengen herzustellen. Eventuell zur Expression notwendige Nukleinsäuresequenzen haben ebenso wie ein Vektor, der die Nukleinsäuren enthält, den Vorteil, daß es dadurch möglich ist, große Mengen der Peptide sehr kostengünstig durch zelluläre Expressionssysteme mit Hilfe der Nukleinsäuren herzustellen. Die Nukleinsäuren können aber auch dazu verwendet werden, Antigen-präsentierende Zellen, insbesondere dendritische Zellen, so zu transformieren, daß sie die entsprechenden Peptide selbst herstellen und dann mittels MHC-1-Molekülen zytotoxischen T-Zellen bzw. deren Vorläuferzellen präsentieren. Vorteilhaft ist dabei, daß die Präsentation der entsprechenden Peptide durch die Antigen-präsentierenden Zellen längerfristig erfolgt als bei der Präsentation von Peptiden, die lediglich von außen angeboten werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine pharmazeutische Zusammensetzung, die ein erfindungsgemäßes Peptid oder eine erfindungsgemäße Nukleinsäure in einer MHC-1-restringierte Immunantwort auslösenden wirksamen Menge enthält.

Dazu können die Peptide und/oder Nukleinsäuren in den jeweils angemessenen üblichen Galeniken zubereitet sein. Im Falle von Peptiden könnten dies z.B. Zubereitungen sein, die üblicherwei-

se für Impfungen verwendet werden, und ein Adjuvans enthalten. Im Falle von Nukleinsäuren ist auch eine Zubereitung mit Liposomen oder Vesikeln möglich. Durch eine entsprechende pharmazeutische Zubereitung ist es möglich, Organismen direkt zu behandeln, ohne ihnen vorher Antigen-präsentierende Zellen bzw. deren Vorläuferzellen entnehmen zu müssen, um diese zunächst zu züchten und sie nach Behandlung mit Peptiden oder Nukleinsäuren in den Patienten einzubringen. Mittels einer entsprechenden pharmazeutischen Zubereitung kann eine Tumorbildung in Form einer Impfung erfolgen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung einer erfindungsgemäßen Nukleinsäure im Rahmen einer Gentherapie.

Dabei kann die Gentherapie in Form der oben bereits beschriebenen Transformation von Antigen-präsentierenden Zellen, insbesondere dendritischen Zellen, erfolgen, die oder deren Vorläuferzellen zuvor aus dem Körper eines zu behandelnden Organismus entnommen wurden, um nach der Transformation wieder in den Körper eingebracht zu werden. Gegenüber der Verwendung von Peptiden ist dabei, wie bereits erläutert, die längeranhaltende Präsentation von Vorteil.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Nukleinsäure so in den Körper einzubringen, daß sie selektiv von Antigen-präsentierenden Zellen, insbesondere dendritischen Zellen, aufgenommen und exprimiert wird. Diese Verwendung hat den Vorteil, daß außer der Verabreichung keine weiteren Maßnahmen, wie bspw. die Anzucht und selektive Vermehrung entnommener dendritischer Zellen bzw. deren Vorläuferzellen, notwendig sind.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer erfindungsgemäßen Nukleinsäure zur Transformation oder Transfektion von Zellen in vitro. Der Einsatz der Nukleinsäure in vitro hat den Vorteil, daß Verfahren, wie bspw. die Elektroporation und/oder Hilfsstoffe wie bspw. Calciumphosphat oder DEAE-Dextran, verwendet werden können, die die Aufnahme von Nukleinsäuren in Zellen wesentlich erleichtern und verbessern, die aber in vivo nicht einsetzbar sind.

Dabei können, wie bereits erwähnt, Antigen-präsentierende Zellen, insbesondere dendritische Zellen, behandelt werden, die bzw. deren Vorläuferzellen aus einem Patienten entnommen wurden und die später wieder in den Patienten eingebracht werden.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung mindestens eines erfindungsgemäßen Peptides oder einer erfindungsgemäßen Nukleinsäure zur Auslösung einer Immunreaktion im Zusammenhang mit einer Tumorthherapie oder mit einer gegenüber der Entstehung eines Tumors vorbeugenden Behandlung. Vorteilhaft ist dabei, daß die bei einer Tumorerkrankung häufig beobachtete Immunsuppression und Toleranz gegenüber MUC-1 durch die erfindungsgemäße Verwendung der Peptide oder Nukleinsäuren umgekehrt werden kann. Darüber hinaus kann die erfindungsgemäße Verwendung zusätzlich zu etablierten Tumorthapien eingesetzt werden.

Eine vorbeugende Behandlung ist vor allem bei Personen vorteilhaft, die, bspw. erblich bedingt oder weil sie früher bereits einen Tumor hatten, ein erhöhtes Risiko haben, an einem Tumor zu erkranken.

In einer Weiterbildung erfolgt die Verwendung der erfindungsgemäßen Peptide oder Nukleinsäuren in Kombination mit einem Pan-HLA-DR-bindenden Peptid.

Vorteilhaft bei der Verwendung eines solchen Pan-HLA-DR-bindenden Peptides ist, daß die Antigen-spezifische zytotoxische Aktivität der generierten T-Zellen verstärkt wird.

In einer Weiterbildung wird mindestens eines der erfindungsgemäßen Peptide oder Nukleinsäuren zusammen mit Antigen-präsentierenden Zellen, insbesondere dendritischen Zellen, inkubiert und erst dann in einen Organismus eingebracht, aus dem die Antigen-präsentierenden Zellen oder deren Vorläuferzellen zuvor entnommen wurden.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß der Erfolg beim Auslösen einer Immunreaktion auf diese Art und Weise gesicherter und kontrollierbarer ist als bei der Injektion eines Peptides zusammen mit einem Adjuvans, bei der die Immunreaktion einmal stärker und einmal schwächer ausfallen kann. Gerade bei einer Tumorthherapie sollte man jedoch den Erfolg beim Auslösen einer Immunreaktion sicherstellen können, um nicht durch eine uneffektive Behandlung möglicherweise wertvolle Zeit zu verlieren.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung dargestellt und erläutert.

Beispiel 1 Induktion von Antigen-spezifischen zyto-
toxischen T-Zellen unter Verwendung von Pepti-
den und dendritischen Zellen

1.1 Bereitstellung von dendritischen Zellen

Wie bspw. bei Brossart, P., et al., Cancer Res 58 (1998), Seiten 732 ff., beschrieben, wurden zunächst mononukleäre Zellen aus peripherem Blut durch Ficoll/Paque (Gibco-BRL, Grand Island, NY) Dichtegradienten-Zentrifugation aus buffy coat-Präparationen von heparinisiertem Blut dreier gesunder Spender isoliert. Die Zellen wurden in Zellkulturschalen in RP10-Medium ausgesät. Nach zwei Stunden bei 37°C wurden die nicht anhaftenden Zellen entfernt und die anhaftenden Blutmonozyten in RP10-Medium kultiviert, das folgende Zytokinzusätze enthielt: humanes rekombinantes GM-CSF (Leukomax, Sandoz, 100 ng/ml), IL-4 (Genzyme, 1000 IU/ml), und TNF- α (Genzyme, 10 ng/ml). Nach sieben-tägiger Kultivierung zeigten die Zellen in der FACS-Analyse eine starke Expression der für den Phänotyp reifer dendritischer Zellen charakteristischen Oberflächenmarker MHC Klasse I und II, CD83, CD80, CD86, CD40 und CD54 und wurden somit als dendritische Zellen identifiziert.

1.2 Identifizierung geeigneter Peptide

Zur Identifizierung von Peptiden, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit durch HLA-A2 präsentiert werden, wurde zunächst die durch das Gen MUC-1 codierte Aminosäuresequenz mit Hilfe

eines Computerprogrammes auf potentiell HLA-A*0201 (ein bestimmter HLA-A2-Typ) bindende Peptid-Motive abgesucht, wie es bspw. in Rammensee, H.G., et al., Landes Bioscience, Austin, Texas, USA (1997), beschrieben ist.

Die ausgesuchten Sequenzen und Kontrollsequenzen sowie ein PAN-HLA-DR-bindendes Peptid wurden unter Verwendung von Standard Fmoc-Chemie auf einem Peptidsynthesizer synthetisiert.

1.3 Induktion zytotoxischer T-Zellen

5×10^5 dendritische Zellen aus 1.1. wurden zwei Stunden lang mit 50 $\mu\text{g/ml}$ synthetischem Peptid aus 1.2 inkubiert, gewaschen und mit $2,5 \times 10^6$ autologen, d.h. von denselben Spendern abstammenden, mononukleären Zellen aus peripherem Blut in RP10-Medium inkubiert. Die dendritischen Zellen wurden teilweise zusätzlich zu den Kontrollpeptiden und den potentiell HLA-A2-bindenden Peptiden mit 50 $\mu\text{g/ml}$ eines PAN-HLA-DR-bindenden Peptides inkubiert, das ein T-Helfer-Epitop darstellt.

Nach siebentägiger Kultivierung wurden die Zellen erneut stimuliert, indem autologe, mit dem synthetischen Peptid aus 1.2 vorinkubierte mononukleäre Zellen aus peripherem Blut zugefügt wurden. Am ersten, dritten und fünften Tag wurde jeweils 1 ng/ml humanes rekombinantes IL-2 (Genzyme) zugesetzt. Das Zytokin IL-2 ist zur Kultivierung und Vermehrung von zytotoxischen T-Zellen notwendig. Insgesamt wurde bis zu dreimal in wöchentlichem Abstand stimuliert.

1.4 Nachweis zytotoxischer T-Zell-Aktivität

T2-Zellen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie HLA-A2 herstellen, aber über diese MHC-Klasse-I-Moleküle keine selbst synthetisierten Peptide präsentieren können, wurden zwei Stunden lang mit 50 µg/ml von synthetischem Peptid aus 1.2 vorinkubiert und eine Stunde lang bei 37°C mit [⁵¹Cr]-Natriumchromat in RP10 markiert. Jeweils 10⁴ dieser Zellen wurden in je eine Vertiefung einer 96-Well-Platte übertragen. Zuvor nach 1.3 generierte zytotoxische T-Zellen wurden zugesetzt, so daß jeweils ein Endvolumen von 200 µl pro Well erreicht wurde. Anschließend wurde vier Stunden bei 37°C inkubiert. Wenn nun die zytotoxischen T-Zellen die zuvor mit ⁵¹Cr markierten Zellen abtöten, so lysieren sie diese Zellen, und das in den Zellen enthaltene ⁵¹Cr wird freigesetzt. Die freigesetzte Radioaktivität wird am Ende des Versuchs in den abgenommenen Zellüberständen durch Zählen in einem β-Counter bestimmt. Somit erhält man ein Maß für die zytotoxische Aktivität der T-Zellen.

1.5 Peptide, die eine HLA-A2-restringierte Immunantwort auslösen

Zwei der synthetisierten, von der Sequenz des MUC-1-Genes abgeleitete Peptide waren in dem zuvor beschriebenen Verfahren in der Lage, zytotoxische T-Zellen mit Hilfe von dendritischen Zellen in vitro zu induzieren. Dabei handelt es sich um die beiden Peptide mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 und der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 aus dem Sequenzprotokoll. Die zytotoxischen T-Zellen, die unter Verwendung des Peptides mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 induziert wurden, konnten spezifisch T2-Zellen abtöten, die mit genau diesem Peptid vorbehandelt wurden, während

sie nicht in der Lage waren, T2-Zellen abzutöten, die mit anderen Peptiden vorbehandelt waren. Umgekehrt waren zytotoxische T-Zellen, die unter Verwendung anderer Peptide induziert wurden, nicht in der Lage, T2-Zellen abzutöten, die mit dem Peptid mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 vorbehandelt waren. Entsprechend verhielt es sich mit zytotoxischen T-Zellen, die unter Verwendung des Peptides mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 induziert wurden. Diese Zellen konnten nur solche T2-Zellen abtöten, die mit dem Peptid mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 vorbehandelt waren.

Dabei zeigten zytotoxische T-Zellen, die in Gegenwart des PAN-HLA-DR-bindenden Peptides induziert wurden, eine höhere zytotoxische Aktivität als solche, die in Abwesenheit dieses Peptides induziert wurden.

Beispiel 2 Lyse von Tumorzellen durch MUC-1-Peptid spezifische zytotoxische T-Zellen

Verschiedene Tumorzelllinien, die wie durch FACS-Analyse nachgewiesen entweder sowohl HLA-A2 als auch MUC-1 oder jeweils nur eines der beiden Zelloberflächenmoleküle exprimieren, wurden mit ^{51}Cr markiert, wie es unter 1.4 für T2-Zellen beschrieben wurde. Anschließend wurden die Zellen, wie ebenfalls unter 1.4 beschrieben, mit zytotoxischen T-Zellen inkubiert, die wie unter 1.3 beschrieben, induziert wurden.

Diejenigen T-Zellen, die unter Verwendung der Peptide mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 oder der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 aktiviert wurden, waren in der Lage, Tumorzellen der Linien MCF-7 (Brustkrebszellen), A-498 (Nierenzellkarzinomzellen) und MZ1774-RCC (Nierenzellkarzinomzellen), die HLA-A2 und MUC-1 ex-

primieren, zu lysieren. Sie konnten jedoch keine Zellen der Zelllinien Croft (EBV-immortalisierte B-Zellen), die kein MUC-1 exprimieren, sowie Caki-2 (Nierenzellkarzinomzellen), SK-OV-3 (Eierstockkrebszellen) und K562 (proerythroblastische Zellen), die kein HLA-A2 exprimieren, lysieren.

Ebensowenig konnten die unter Verwendung der Peptide mit der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 und SEQ ID-Nr.: 2 aktivierten zytotoxischen T-Zellen die HLA-A2- und MUC-1-exprimierenden Nierenzellkarzinomzellen der Linie MZ1774-RCC lysieren, wenn die Nierenzellkarzinomzellen zuvor 30 Minuten lang mit 10 µg/ml eines gegen HLA-A2 gerichteten monoklonalen Antikörpers (BB7.2, Coulter-Immunotech) inkubiert wurden.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die unter Verwendung der erfindungsgemäßen Peptide generierten zytotoxischen T-Zellen nur Tumorzellen abtöten, die sowohl HLA-A2 als auch MUC-1 exprimieren.

Die erfindungsgemäßen Peptide sind somit dazu geeignet, auch im Rahmen einer Therapie eine Immunreaktion gegen bestimmte Tumorzellen auszulösen.

Erste Studien, bei denen eine derartige Therapie bei zwei Patientinnen mit Brustkrebs angewandt wurde, und bei denen die Patientinnen auf die Immun-Therapie angesprochen haben, stehen kurz vor dem Abschluß.

SEQUENZPROTOKOLL

<110> Eberhard-Karls-Universitaet Tuebingen

<120> Peptid zur Auslösung einer Immunreaktion gegen
Tumorzellen

<130> 5402P168

<140>

<141>

<160> 2

<170> PatentIn Ver. 2.1

<210> 1

<211> 9

<212> PRT

<213> Künstliche Sequenz

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz: Fragment aus
dem durch das Gen MUC-1 codierten Protein des
Menschen

<400> 1

Ser Thr Ala Pro Pro Val His Asn Val

1

5

<210> 2

<211> 9

<212> PRT

<213> Künstliche Sequenz

<220>

<223> Beschreibung der künstlichen Sequenz: Fragment aus
dem durch das Gen MUC-1 codierten Protein des
Menschen

<400> 2

Leu Leu Leu Leu Thr Val Leu Thr Val

1

5

Patentansprüche

1. Peptid, das von dem MUC-1-Gen abgeleitet ist, und durch das eine HLA-A2-restringierte Immunreaktion gegen Tumorzellen auslösbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß es die Sequenz SEQ ID-Nr.: 1:

Ser Thr Ala Pro Pro Val His Asn Val,

und/oder eine Sequenz, die sich von dem Signalpeptid ableitet, insbesondere die Sequenz SEQ ID-Nr.: 2:

Leu Leu Leu Leu Thr Val Leu Thr Val,

und/oder

eine modifizierte Form der Sequenz SEQ ID-Nr.: 1 und/oder der Sequenz SEQ ID-Nr.: 2 aufweist.

2. Nukleinsäure, die einen Sequenzabschnitt umfaßt, der für ein Peptid nach Anspruch 1 codiert.
3. Nukleinsäure nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäure Sequenzen aufweist, die zur Expression der dem Peptid entsprechenden Nukleinsäuresequenz notwendig sind.